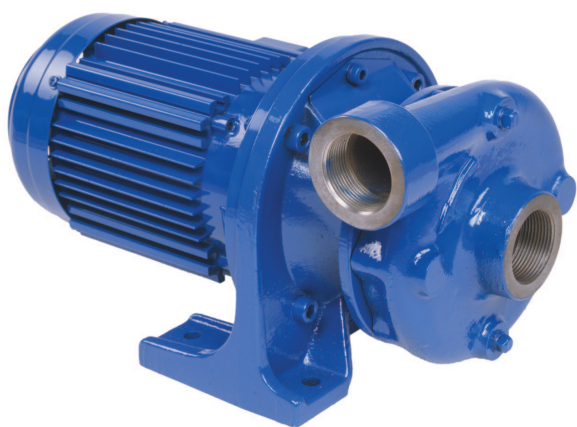


sistemas de bombagem

{ 1.ª PARTE }



1º PRINCÍPIOS

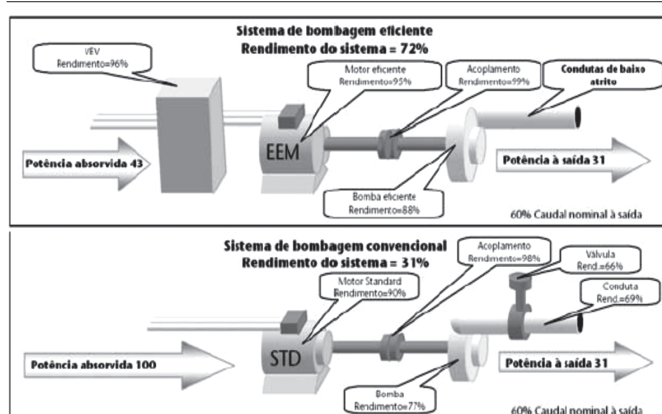


Figura 1 · Exemplo de um sistema eficiente de bombagem em comparação com um sistema convencional (Fonte: BSCD Portugal).

Ações	Potencial de poupança energética
Seleccionar uma bomba de eficiência elevada	3%
Seleccionar uma bomba melhor dimensionada	4%
Melhorar instalação e manutenção	3%
Melhorar o lay-out do sistema	10%
Melhorar controlo do sistema	20%
Potencial economia de energia	40%

Tabela 1 · Potencial de poupança energética em bombas (Fonte: EMS Textile)

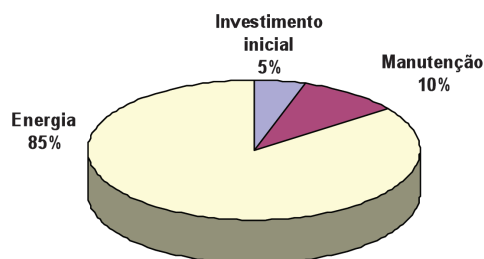


Figura 2 · Custos típicos de um sistema de bombagem ao longo da sua vida útil (Fonte: ADEME).

2º PISTAS DE REFLEXÃO

Produção	Rede	Utilização	Controlo	Manutenção
Utilização das bombas mais eficientes para a aplicação considerada	Redução das perdas de carga na rede	Redução da quantidade de matéria a bombear	Optimização da regulação da bombagem, de forma a evitar desperdícios (adequação às necessidades)	Evitar fugas na rede
Utilização de um motor e de um sistema de accionamento mais eficientes para a aplicação considerada			Instalação de dispositivos de medição / contagem e registo regular de dados	Manutenção periódica das bombas e dos sistemas de accionamento a fim de garantir um rendimento máximo

Tabela 2 · Pistas de reflexão – Sistemas de bombagem (Fonte: ADEME).

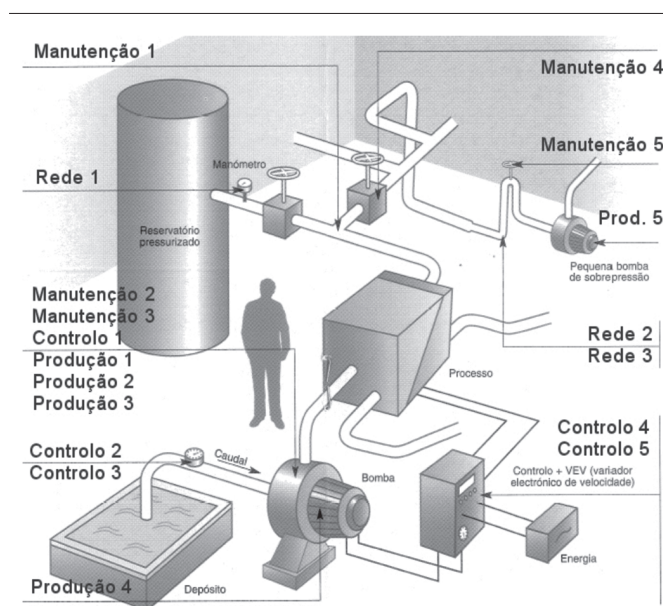


Figura 3 · Sistemas de bombagem (Fonte: ADEME).

Onde:

Área	Medida	Economia de energia típica
Produção 1	Substituir ou modificar bombas sobredimensionadas	4%
Produção 2	Modificar o diâmetro dos impulsores de bombas centrífugas	4%
Produção 3	Utilizar bombas de rendimento superior	3%
Produção 4	Substituir motores sobredimensionados de bombas por outros melhor dimensionados e de alto rendimento: classe "EFF 1"	2 a 5%
Produção 5	Utilizar uma pequena bomba auxiliar de aumento de pressão para necessidades específicas (booster)	
Rede 1	Instalar equipamento de medição para controlo de perda de carga	
Rede 2	Aumentar a secção das tubagens e evitar cotovelos e mudanças de direcção desnecessárias	
Rede 3	Reduzir o comprimento da rede	
Controlo 1	Utilizar várias bombas em paralelo para funcionamento de acordo com as necessidades	
Controlo 2	Instalar contadores volumétricos ou eléctricos, caudalímetros	
Controlo 3	Efectuar registos regulares com o devido acompanhamento e controlo, com indicadores	
Controlo 4	Utilizar variadores electrónicos de velocidade em motores eléctricos de bombas, para regulação de caudal, em vez de estrangulamento por meio de válvulas	Mais de 30%
Controlo 5	Parar bombas desnecessárias	
Manutenção 1	Eliminação de fugas	
Manutenção 2	Repor periodicamente as folgas internas das bombas	
Manutenção 3	Aplicar um revestimento interno para redução das perdas por atrito na bomba	3 a 5%
Manutenção 4	Isolar / fechar qualquer parte do circuito quando não utilizada	
Manutenção 5	Efectuar purgas de ar regulares	

Comentários às medidas técnicas de economia de energia:

- › **Desligar bombas desnecessárias.** Esta medida pode ser manualmente adoptada após uma redução significativa das necessidades da instalação em termos de água ou de outro fluido. Se as necessidades de caudal variarem muito, o número de bombas em funcionamento pode ser automaticamente controlado através da instalação de sensores de pressão em uma ou mais bombas;
- › **Usar várias bombas em paralelo.** Oferece uma alternativa aos variadores de velocidade, ao desvio de caudal (by-pass) ou ao controlo por estrangulamento por meio de válvulas. As economias resultam porque uma ou mais bombas podem ser desligadas em sistemas de pequeno caudal enquanto que outras bombas funcionam com um rendimento elevado;
- › **Usar variadores de velocidade.** Proporcionam as economias máximas ao ajustarem a velocidade da bomba em função dos requisitos variáveis de caudal do sistema.
- › **Substituir bombas sobredimensionadas.** Representam a maior fonte individual de desperdício de energia em bombas. A sua substituição deve ser avaliada em relação a outros métodos possíveis para reduzir a capacidade, tais como conservação ou a mudança de impulsores e o uso de controlo de variação de velocidade;
- › **Usar pequena bomba auxiliar de aumento de pressão (booster).** Proporciona o escoamento a alta pressão para um determinado utilizador e que permita ao resto do sistema funcionar a uma pressão mais baixa e a uma potência reduzida;
- › **Conservar ou modificar impulsores.** A conservação do bom estado dos impulsores de bombas centrífugas é o método mais económico para corrigir o sobredimensionamento de bombas. A carga na sucção pode ser reduzida 10 a 50% através da limpeza ou alteração do diâmetro do impulsor da bomba segundo as recomendações indicadas pelo fabricante em termos de limites de dimensão para a caixa da bomba;
- › **Repor as folgas internas.** A capacidade e o rendimento da bomba diminuem à medida que as fugas internas aumentam devido a folgas excessivas entre componentes desgastados da bomba: voluta, impulsor, casquilhos da garganta, anéis, manga de chumaceiras;
- › **Aplicar revestimentos na bomba.** A aplicação de revestimentos na bomba, particularmente na voluta, reduzirá as perdas por fricção.

3ª CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE BOMBAS HIDRÁULICAS

Num sistema de bombagem, as bombas hidráulicas recebem energia mecânica (força motriz de um motor ou de uma turbina), e transformam-na em energia cinética (movimento), que por sua vez é transformada em pressão. A pressão é necessária para movimentar o fluido de forma a permitir a sua circulação ou transportá-lo de um local para outro. Assim, o uso de bombas hidráulicas ocorre sempre que há necessidade de aumentar a pressão de uma substância líquida contida num sistema, ou a sua velocidade de escoamento. A figura seguinte representa um sistema hidráulico típico:

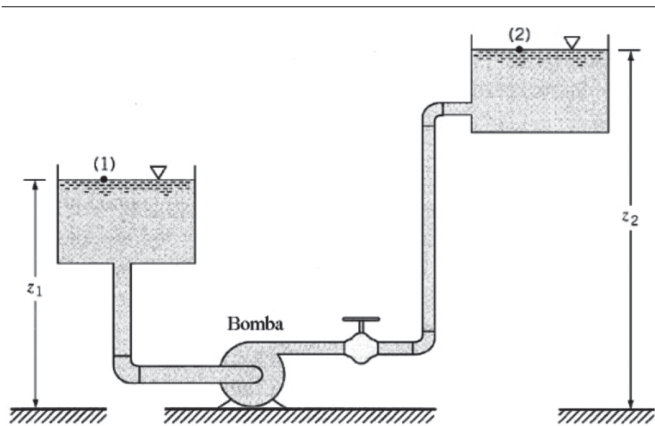


Figura 4 · Sistema hidráulico típico (Fonte: Munson et al).

A equação de energia aplicada entre os pontos (1) e (2) indica que a carga real transferida ao fluido através da bomba pode ser calculada por:

$$h_b = z_2 - z_1 + \sum h_{perdas}$$

Onde:

h_b é a carga real transferida ao fluido, em m;

z_2 é a cota do fluido a jusante da bomba, em m;

z_1 é a cota do fluido a montante da bomba, em m;

$\sum h_{perdas} = h_f + \sum k_i \frac{v_i^2}{2g}$ é o somatório das perdas: perdas em linha e das perdas localizadas, em m;

h_f são as perdas em linha, em m;

k_i é uma constante relativa às perdas localizadas;

v_i é a velocidade do fluido, em m/s;

g é a aceleração da gravidade, aproximadamente 9,8 m/s².

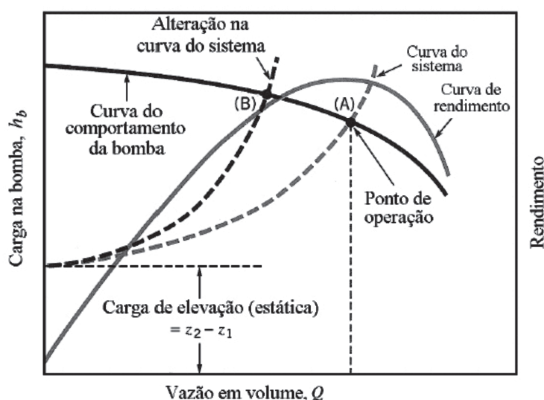


Figura 5 · Utilização das curvas da bomba e do sistema para determinação do ponto de operação do sistema (Fonte: Munson et al).

A potência mecânica necessária para accionar a bomba no ponto de operação é:

$$P_{mec} = \dot{W}_{bomba} = \frac{W_{bomba}}{t} = \frac{E_{potencial}}{t} = \frac{M \cdot g \cdot h_{bomba}}{t} = \frac{\rho \cdot g \cdot h_{bomba} \cdot \dot{V}_{bomba}}{\eta_{bomba}}$$

Onde:

P_{mec} é a potência mecânica necessária para accionar a bomba, em W;

W_{bomba} é o trabalho necessário para accionar a bomba, em W.s;

$E_{potencial}$ é a energia potencial, em W.s;

M é a massa do fluido, em kg;

g é a aceleração da gravidade, em m/s²;

h_{bomba} é carga real transferida ao fluido, em m;

ρ é a massa específica do fluido, em kg/m³;

\dot{V}_{bomba} é o caudal do fluido, em m³/s;

η_{bomba} é o rendimento da bomba no ponto de operação.

No dimensionamento da bomba deverá ser garantida a condição de não-cavitação:

$$NPSH_{disp} > NPSH_{req}$$

Onde o NPSH (*net positive suction head*) disponível deverá ser maior que o requerido pelo fabricante da bomba (diferença de pressão acima da pressão de saturação requerida para prevenir o fenómeno de cavitação). Assim, o valor disponível deverá ser calculado da seguinte forma:

$$NPSH_{disp} = \frac{P_{ref} - P_{sat}}{\rho \cdot g} + \frac{v_{ref}^2}{2 \cdot g} - (z_{bomba} - z_{ref}) - h_{pc}$$

Onde:

$NPSH_{disp}$ é a variação de pressão até à entrada da bomba;

P_{ref} é a pressão no ponto de referência, em Pa;

P_{sat} é a pressão de saturação da bomba, em Pa;

ρ é a massa específica do fluido, em kg/m³;

g é a aceleração da gravidade, em m/s²;

v_{ref} é a velocidade do fluido no ponto de referência, em m/s;

z_{bomba} é a cota da bomba, em m;

z_{ref} é a cota do ponto de referência, em m;

h_{pc} é a perda de carga desde o ponto de referência até à entrada da bomba, em m.

A figura seguinte ilustra as curvas de carga e caudal para a associação de bombas em série ou em paralelo.

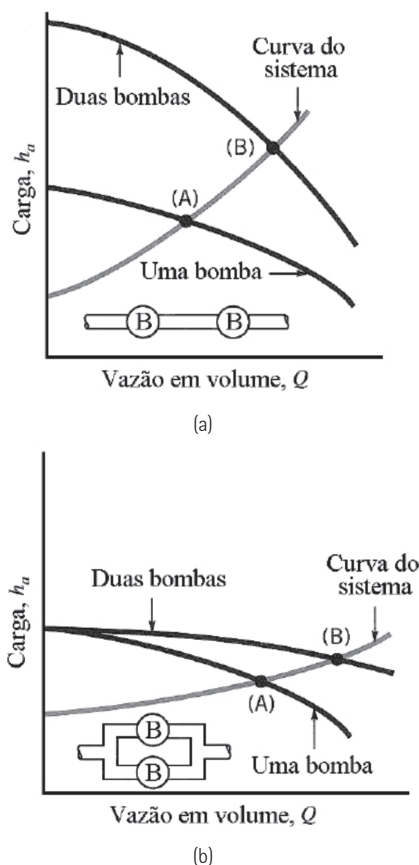


Figura 6 · Arranjo de bombas em (a) série e (b) paralelo (Fonte: Munson et al).

3.1 Tipos de Bombas

As bombas dividem-se essencialmente em dois tipos principais:

- › **Bombas centrífugas ou de rotor dinâmico.** A movimentação do fluido ocorre pela acção das forças que se desenvolvem na massa líquida, em consequência da rotação de um eixo no qual é acoplado um disco (rótor, impulsor), dotado de pás (palhetas, hélice), o qual recebe o fluido pelo seu centro e o expulsa pela periferia, pela acção da força centrífuga. Leis fundamentais associadas a este tipo de carga:
 - › O caudal (m^3/s) é proporcional à velocidade (m/s);
 - › O binário (ou pressão) (N/m^2) varia com o quadrado da velocidade;
 - › A potência (kW) varia com o cubo da velocidade.

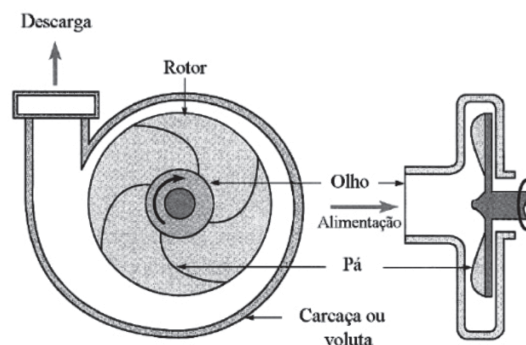


Figura 7 · Esquema de uma bomba centrífuga (Fonte: Munson et al).

- › **Bombas de deslocamento positivo, ou bombas volumétricas.** A movimentação do fluido é causada directamente pela acção de um dispositivo mecânico da bomba que obriga o fluido a um movimento na direcção do deslocamento que está sujeito este dispositivo (êmbolo, engrenagens, lóbulos, palhetas). Dá-se o nome de volumétrica porque o fluido, de forma sucessiva, ocupa e desocupa espaços no interior da bomba, com volumes determinados.

3.2 Escolha da Bomba

- › A escolha de uma bomba é feita de acordo com o caudal e a carga (altura manométrica) requerida, bem como das características do fluido a deslocar;
- › A carga total (altura manométrica total) necessária a desenvolver pela bomba é a soma da carga estática e da carga dinâmica;
- › A carga estática representa as diferenças de cota (altura vertical) e de pressão do líquido entre o local de captação e o local final;
- › A carga dinâmica representa as perdas por atrito na tubagem, válvulas e outros equipamentos no sistema;
- › Num sistema de circulação em circuito fechado, sem influência da pressão atmosférica, só temos a considerar perdas dinâmicas.

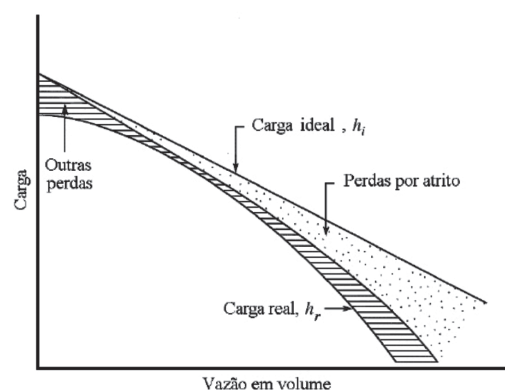


Figura 8 · Efeito das perdas na curva característica de uma bomba (Fonte: Munson et al).